

GEÄNDERTE ANSPRÜCHE

[beim Internationalen Büro am 17 Mai 2005 (17.05.2005) eingegangen,
ursprüngliche Ansprüche 1-21 durch geänderte Ansprüche 1-18 ersetzt]

Patentansprüche:

1. Laserbearbeitungsmaschine, mit

5 einer Werkstückhalterung (10) zur Halterung eines Werkstücks
(1),

einer ersten Laserabtragsvorrichtung (11) zum Laserbohren ei-
nes Werkstücks mit ersten Arbeitsparametern, und

10

einer zweiten Laserabtragsvorrichtung (12), die ein Werkstück
mit zweiten Arbeitsparametern, die insbesondere qualitativ
und/oder quantitativ unterschiedlich zu den ersten Arbeitspa-
rametern sind, bearbeiten kann,

15

dadurch gekennzeichnet, dass

die zweite Laserabtragsvorrichtung (12) zur Gesenkbildung
durch schichtweisen Materialabtragausgelegt ist,

20

die Laserstrahlauslässe der beiden Laserabtragsvorrichtungen
bezüglich mindestens einer, vorzugsweise zweier Achsen, weiter
vorzugsweise bezüglich der zwei horizontalen Achsen (x, y) fest
gegeneinander versetzt angebracht sind, und

25

mechanische Stellachsen (2) vorgesehen sind, mittels derer das
Werkstück bezüglich eines Maschinenrahmens translatorisch
verstellt werden kann.

30 2. Laserbearbeitungsmaschine nach Anspruch 1, dadurch gekenn-
zeichnet, daß die erste Laserabtragsvorrichtung eine erste La-

serquelle (13) und die zweite Laserabtragsvorrichtung eine zweite Laserquelle (14) aufweist.

3. Laserbearbeitungsmaschine nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß mindestens eine der Laserabtragsvorrichtungen eine Strahlführung (17) aufweist, vorzugsweise mittels einem oder mehreren Umlenkspiegeln.
5
4. Laserbearbeitungsmaschine nach einem oder mehreren der vorherigen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß der Laserstrahlauslaß einer oder beider Laserabtragsvorrichtungen bezüglich mindestens einer, vorzugsweise der vertikalen Achse (z) verschieblich ist.
10
5. Laserbearbeitungsmaschine nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, daß die Laserquelle parallel mit und synchron zum Laserstrahlauslaß verschieblich ist.
15
6. Laserbearbeitungsmaschine nach einem oder mehreren der vorherigen Ansprüche, gekennzeichnet durch eine erste Steuerung (8) zur Steuerung der ersten Laserabtragsvorrichtung und eine zweite Steuerung (9) zur Steuerung der zweiten Laserabtragsvorrichtung.
20
7. Laserbearbeitungsmaschine nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, daß die zweite Steuerung mit einer höheren Taktfrequenz als die erste Steuerung arbeitet.
25
8. Laserbearbeitungsmaschine nach Anspruch 6 oder 7, gekennzeichnet durch eine Schnittstelle (7) zwischen erster und zweiter Steuerung.
30

9. Laserbearbeitungsmaschine nach einem oder mehreren der vorherigen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die erste Laserabtragsvorrichtung eine erste Optik und die zweite Laserabtragsvorrichtung eine zweite Optik aufweist.
- 5
10. Laserbearbeitungsmaschine nach einem oder mehreren der vorherigen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die erste Laserabtragsvorrichtung eine erste Sensorik und die zweite Laserabtragsvorrichtung eine zweite Sensorik aufweist.
- 10
11. Laserbearbeitungsmaschine nach einem oder mehreren der vorherigen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die erste Laserabtragsvorrichtungen einen oder mehrere der folgenden Arbeitsparameter aufweisen kann:
- 15
- gepulstes Laserlicht, insbesondere Laserimpulsfrequenz 0,1 bis 100 Hz, vorzugsweise 1 – 30 Hz,
 - Laserimpulsdauer 0,1 bis 20 ms, vorzugsweise 0,3 bis

20

 - 2 ms,
 - Pulsspitzenleistung > 1 kW, vorzugsweise > 20 kW,
 - Laserleistung 300 W - 3 kW,

25

 - Energie pro Impuls 1 – 100 J, vorzugsweise 10 – 50 J,
 - Laserart: Festkörperlaser, insbesondere dioden- oder lampengepumpt,

30
- und daß die zweite Laserabtragsvorrichtungen einen oder mehrere der folgenden Arbeitsparameter aufweisen kann:

- gepulstes Laserlicht, insbesondere Laserimpulsfrequenz 1 bis 100 kHz, vorzugsweise 10 – 50 kHz,
 - 5 • Laserimpulsdauer 10 bis 1500 ns, vorzugsweise 100 bis 500 ns,
 - Laserleistung 10 – 200 W, vorzugsweise 20 – 50 W,
 - 10 • Energie pro Impuls 1 – 50 mJ,
 - Laserart: gütegeschalteter Festkörperlaser.
12. Laserbearbeitungsverfahren, bei dem ein Werkstück einge-
15 spannt und dann mittels Laserlicht bearbeitet wird, wobei
ohne Wechsel der Einspannung ein erster Bearbeitungsschritt
des Laserbohrens mit einer ersten Laserabtragsvorrichtung mit
ersten Arbeitsparametern und ein zweiter Bearbeitungsschritt
mit einer zweiten Laserabtragsvorrichtung zur Bearbeitung des
20 Werkstücks mit zweiten Arbeitsparametern, die insbesondere
qualitativ und/oder quantitativ unterschiedlich zu den ersten
Arbeitsparametern sind, durchgeführt wird,
- dadurch gekennzeichnet, daß
- 25 der zweite Bearbeitungsschritt das Ausbilden eines Gesenks
durch schichtweisen Materialabtrag mittels Laser ist,
- die Laser der beiden Laserabtragsvorrichtungen an Laserstrah-
30 lauslässen abgestrahlt werden, die bezüglich mindestens einer,
vorzugsweise zweier Achsen, weiter vorzugsweise bezüglich der

zwei horizontalen Achsen (x, y) fest gegeneinander versetzt angebracht sind, und

5 das Werkstück mittels mechanische Stellachsen (2) bezüglich eines Maschinenrahmens translatorisch verstellt werden kann.

13. Verfahren nach Anspruch 12, dadurch gekennzeichnet, daß eine
10 für den zweiten Bearbeitungsschritt notwendige Abstandsmessung vor Vornahme des ersten Bearbeitungsschritts durchgeführt wird.

14. Verfahren nach einem oder mehreren der Ansprüche 12 oder
15 13, dadurch gekennzeichnet, daß beim ersten Bearbeitungsschritt mittels der ersten Laserabtragsvorrichtung die Fokussierung des Laserstrahls fest ist, während beim zweiten Bearbeitungsschritt mittels der zweiten Laserabtragsvorrichtung die Fokussierung des Laserstrahls nachgeführt wird.

15. Verfahren nach einem oder mehreren der Ansprüche 12 bis 14,
20 dadurch gekennzeichnet, daß beim ersten Bearbeitungsschritt mittels der ersten Laserabtragsvorrichtung Prozeßgas zugeführt wird.

16. Verfahren nach einem oder mehreren der Ansprüche 12 bis 15,
25 dadurch gekennzeichnet, daß beim zweiten Bearbeitungsschritt mittels der zweiten Laserabtragsvorrichtung die Lage des Laserstrahls durch eine variable Strahlführung geführt wird.

17. Verfahren nach einem oder mehreren der Ansprüche 12 bis 16,
30 dadurch gekennzeichnet, daß beim ersten Bearbeitungsschritt mittels der ersten Laserabtragsvorrichtung die relative Position

der Lage der ersten Laserabtragsvorrichtung zum Werkstück geändert wird.

- 5 18. Verfahren nach einem oder mehreren der Ansprüche 12 bis 17, dadurch gekennzeichnet, daß zuerst der Bearbeitungsschritt mit höherer Laserleistung und dann der Bearbeitungsschritt mit niedrigerer Laserleistung vorgenommen wird.

5

10

15

Laserbearbeitungsmaschine und Laserbearbeitungsverfahren

20 Die Erfindung betrifft eine Laserbearbeitungsmaschine und ein Laserbearbeitungsverfahren nach den Oberbegriffen der unabhängigen Patentansprüche.

Es ist bekannt, Werkstücke durch Laserstrahlen zu bearbeiten und
25 hierbei insbesondere Gesenke oder Öffnungen bzw. Bohrungen herzustellen. Die DE 199 60 797 beschreibt beispielsweise ein Verfahren zum Herstellen einer Öffnung in einem metallischen Bauteil. In einem ersten Schritte erfolgt Laserbohren mit bestimmten Laserparametern. In einem zweiten Schritt wird ein nicht zylindrischer Trichter ausge-
30 bildet, wobei das metallische Material durch geeignete Wahl der Laserparameter beim Laserabtrag sublimiert wird. Verwendet wird hierzu ein Nd-YAG-Laser.

Aus der WO 00/18535 sind ein Verfahren und eine Vorrichtung zum Materialabtrag aus einer Fläche eines Werkstücks bekannt. Hier werden Gesenke mit vergleichsweise komplexen Oberflächen durch geregelten, schichtweisen Materialabtrag mittels eines geführten Laserstrahls hergestellt.

Nachteil der bekannten Maschinen bzw. Verfahren ist es, daß sie bestimmte Bearbeitungsschritte, die bei der Herstellung bestimmter Gesenke oder Bohrungen auftreten können, nicht oder nur unter ungünstigen Betriebsbedingungen ausführen können. So kann das voluminöse Bohren eines Loches unmöglich bzw. nur unter unverhältnismäßigem Zeitaufwand möglich sein, oder es kann die Ausbildung von Gesenken mit befriedigenden Oberflächen nur ungenügend möglich sein.

Aufgabe der Erfindung ist es, eine Laserbearbeitungsmaschine und ein Laserbearbeitungsverfahren anzugeben, die die effiziente Formung auch komplexer Gesenke oder Löcher erlauben.

Diese Aufgabe wird mit den Merkmalen der unabhängigen Patentansprüche gelöst. Abhängige Patentansprüche sind auf bevorzugte Ausführungsformen der Erfindung gerichtet.

Eine Laserbearbeitungsmaschine weist eine Werkstückhalterung zur Halterung eines Werkstücks auf, eine erste Laserabtragsvorrichtung zur Bearbeitung eines Werkstücks mit ersten Arbeitsparametern und eine zweite Laserabtragsvorrichtung zur Bearbeitung des Werkstücks mit zweiten Arbeitsparametern, die insbesondere qualitativ und/oder quantitativ unterschiedlich zu den ersten Arbeitsparametern sind.

Die Laserbearbeitungsmaschinen können unterschiedliche Laserquellen aufweisen, und ebenso unterschiedliche Optiken, Sensoriken und Steuerungen.

- 5 Bei einem Laserbearbeitungsverfahren wird ein Werkstück eingespannt und dann mittels Laserlicht bearbeitet. Ohne Wechsel der Einspannung wird ein erster Bearbeitungsschritt mit einer ersten Laserabtragsvorrichtung mit ersten Arbeitsparametern und ein zweiter Bearbeitungsschritt mit einer zweiten Laserabtragsvorrichtung mit
10 zweiten Arbeitsparametern, die insbesondere qualitativ und/oder quantitativ unterschiedlich zu den ersten Arbeitsparametern sein können, durchgeführt.

- Der erste Bearbeitungsschritt und somit die erste Laserabtragsvorrichtung können Laserbohren bzw. ein Laserbohrer sein, und der
15 zweite Bearbeitungsschritt bzw. die zweite Laserabtragsvorrichtung können eine Gesenkbildung für Gesenke mit komplexen Oberflächen und eine hierzu geeignete Vorrichtung sein.

- 20 Nachfolgend werden bezugnehmend auf die Zeichnungen einzelne Ausführungsformen der Erfindung beschrieben. Es zeigen

- Fig. 1 schematisch eine Gesamtansicht der Laserbearbeitungsmaschine,
25 Fig. 2 ein Beispiel eines herzustellenden Werkstücks,
Fig. 3 schematisch eine Arbeitsweise der ersten Laserabtragsvorrichtung,
Fig. 4 schematisch die Arbeitsweise einer zweiten Laserabtragsvorrichtung, und
30 Fig. 5 schematisch eine Draufsicht auf die Maschine.

In den beiliegenden Zeichnungen bedeuten gleiche Bezugsziffern gleiche Merkmale bzw. Komponenten. In Fig. 1 bezeichnen 1 ein Werkstück, 10 eine Werkstückhalterung, 2a, 2b, 2c und 2d translatorische und/oder rotatorische Achsen der Werkstückhalterung 10, 11 eine
5 erste Laserabtragsvorrichtung, 12 eine zweite Laserabtragsvorrichtung, 13 eine erste Laserquelle, 14 eine zweite Laserquelle, 15 einen ersten Laserstrahl, 16 einen zweiten Laserstrahl in seinen möglichen Auslenkungen, 17 eine Strahlführung zur Bewirkung der Auslenkungen wie bei 16 gezeigt, 18 ein Maschinengehäuse, 8 eine erste Steuerung,
10 rung, 9 eine zweite Steuerung, 7 eine ggf. zwischen den Steuerungen vorhandene Schnittstelle, 3 bezeichnet einen Maschinenrahmen, und 4 und 5 Stellglieder, mit denen die Laserabtragsvorrichtungen ggf. gegen den Maschinenrahmen verfahren werden können, insbesondere in z-Richtung. Gegebenenfalls genannte Koordinatenachsen seien wie
15 symbolisch dargestellt, also x-Achse in der Zeichenebene nach rechts, y-Achse nach hinten aus der Zeichenebene senkrecht heraus, und z-Achse in der Zeichenebene nach oben.

Die erste Laserabtragsvorrichtung 11 kann eine Laserbohrvorrichtung
20 sein. Die zweite Laserabtragsvorrichtung 12 kann eine Vorrichtung zur Bildung eines Gesenks, insbesondere mit komplexer Oberfläche im Werkstück 1, mit einem Laser sein. Sie können mit zueinander unterschiedlichen Arbeitsparametern, Laserparametern, oder Betriebsparametern betrieben werden, was jedoch die partielle oder zeitweise
25 Gleichheit von bestimmten Betriebsparametern in bestimmten Anwendungsfällen nicht grundsätzlich ausschließt. Auch können die Laser an sich zueinander unterschiedlich sein. So kann einer der Laser ein dioden- oder lampengepumpter Festkörperlaser sein, während der andere Laser ein gütegeschalteter Festkörperlaser sein kann. Weitere
30 Unterschiede hinsichtlich der Parameter zu den einzelnen Laserabtragsvorrichtungen werden weiter unten angegeben.

Eine der Laserabtragsvorrichtungen, in der gezeigten Ausführungsform die Nummer 12, kann eine Laserstrahlführung 17 aufweisen, die den Laserstrahl 16 über die Fläche des Werkstücks führt und so an unterschiedlichen Stellen Abtrag durch Materialaufschmelzung bzw. -verdampfung bewirkt. Schematisch angedeutet sind die linken und rechten Begrenzungen des Arbeitsbereichs des Lasers 16. Die Strahlführung der zweiten Laserabtragsvorrichtung kann Umlenkspiegel aufweisen, beispielsweise zwei orthogonal zueinander wirkende galvanische Spiegel.

10

Die andere (erste) Laserbearbeitungsvorrichtung 11 kann in bezug auf die Werkstückhalterung bzw. das Werkstück so ausgelegt sein, daß deren Relativposition zueinander verschieblich ist, was weiter unten bezugnehmend auf Fig. 3 erläutert wird. Die Verschiebung der Relativlage kann durch Verschieben der ersten Laserabtragsvorrichtung 11 erfolgen und/oder durch Verschieben der Werkstückhalterung 10. Die zwei Laserabtragsvorrichtungen 11, 12 können bezüglich einer, vorzugsweise bezüglich zweier, weiter vorzugsweise bezüglich der zwei horizontalen Translationsachsen der Werkstückhalter gegeneinander versetzt angebracht sein, was in Fig. 5 schematisch gezeigt ist: Die zwei Laserabtragsvorrichtungen 11, 12 sind sowohl in x-Richtung als auch in y-Richtung gegeneinander versetzt. Auf diese Weise erhalten sie im begrenzten Innenraum des Maschinengehäuses 18 einen vergleichsweise großen Abstand, so daß Kollisionen bei der Bewegung des Werkstücks vermieden bzw. der Freiheitsgrad bei der Bewegung des Werkstücks vergrößert werden.

20

25

30

Der Laserstrahlauslaß 11a einer der Laserabtragsvorrichtungen, insbesondere der ersten Laserabtragsvorrichtung 11, kann vertikal verschieblich sein. Insbesondere kann der Laserbohrer vertikal verschieblich sein. Auf diese Weise kann die Strahlgeometrie dem Bohrfortschritt folgen. Wenn der Laserstrahlauslaß verschieblich ist, kann

parallel und synchron hierzu die zugeordnete Laserquelle 13 verschieblich sein. In Fig. 1 kann also beispielsweise die erste Laserabtragsvorrichtung 11 mit dem Fortschritt des Bohrlochs im Werkstück nach unten gefahren werden, und die zugehörige Laserquelle 13 folgt ihr synchron und parallel.

Die gesamte Maschine weist ein Gehäuse bzw. eine Kabine 18 auf, die teilweise transparente Flächen aufweisen kann, um den Prozeßfortgang beobachten zu können. Das Gehäuse dient dem Rückhalt von Prozeßgasen und Prozeßprodukten, und ggf. auch der Schallisolation. Es dient auch dem Schutz der Benutzer davor, daß beispielsweise Körperteile in den Strahlengang geraten. Während die eigentlichen Laserabtragsvorrichtungen 11 und 12 in der Kabine 18 selbst vorgesehen sein können, können die Laserquellen 13 und 14 außerhalb der Kabine 18 angebracht sein und das jeweilige Laserlicht durch eine Öffnung und ggf. über einen umgrenzten Strahlengang der jeweiligen Laserabtragsvorrichtung 11, 12 zuführen.

Die zwei Laserabtragsvorrichtungen 11 und 12 können eine gemeinsame oder zueinander unterschiedliche Steuerungen 8 und 9 aufweisen, wobei unterschiedliche Steuerungen 8 und 9 eine Schnittstelle 7 aufweisen können. Die Steuerung der Laserbohrmaschine (erste Laserabtragsvorrichtung 11) kann mit niedrigerer Taktfrequenz arbeiten als die Steuerung der zweiten Laserabtragsvorrichtung. Die Taktfrequenz der zweiten Steuerung 9 kann mindestens das 10-fache, vorzugsweise mindestens das 50-fache der Taktfrequenz der ersten Steuerung 8 betragen.

Die erste Steuerung 8 kann dabei der Steuerung der ersten Laserquelle 13, der ersten Laserabtragsvorrichtung 11 und auch der Werkstückhalterung 10 dienen. Die zweite Steuerung 9 kann der Steuerung der zweiten Laserabtragsvorrichtung 12 mit der Strahlführung

17 und der Laserquelle 14 dienen. Eine Schnittstelle 7 zwischen den beiden Steuerungen 8, 9 kann in der Weise vorgesehen sein, daß die zweite Steuerung 9 durch die erste Steuerung 8 mittelbar bestimmte Maschinenkomponenten steuert, insbesondere beispielsweise Achsen 2 der Werkstückhalterung 10.

Die beiden Abtragsvorrichtungen 11, 12 können in der Weise unabhängig voneinander sein, daß sie getrennte Optiken und Fokussiereinrichtungen (jeweils nicht gezeigt) aufweisen. Die zweite Abtragsvorrichtung 12 kann eine nicht gezeigte Fokuslagensteuerung für den zweiten Laserstrahl 16 aufweisen. Diese Fokuslagensteuerung kann der Steuerung der Fokuslage in z-Richtung dienen.

Auch die jeweils vorhandenen nicht gezeigten Sensoriken können zueinander unterschiedlich sein. Die zweite Laserabtragsvorrichtung 12 kann eine ortsauflösende Tiefensensorik derart aufweisen, daß Zahlentriplets bestehend aus x-, y- und z-Koordinate eines Oberflächenpunkts entsprechend der verfügbaren Auflösung ermittelt werden können.

20

Die erste Laserabtragsvorrichtung 11 kann eine Laserbohrvorrichtung sein und sie kann einen oder mehrere der folgenden Arbeitsparameter aufweisen:

- 25 - Laserimpulsfrequenz 0,1 bis 100 Hz, vorzugsweise 1 – 30 Hz,
- Laserimpulsdauer 0,1 bis 20 ms, vorzugsweise 0,3 bis 2 ms,
- Pulsspitzenleistung > 1 kW, vorzugsweise > 20 kW,
- mittlere Laserleistung 300 W - 3 kW,
- Energie pro Impuls 1 – 100 J, vorzugsweise 10 – 50 J,
- 30 - Laserart: Festkörperlaser, insbesondere dioden- oder lampengepumpter Festkörperlaser.

Die zweite Laserabtragsvorrichtung kann einen oder mehrere der folgenden Arbeitsparameter aufweisen:

- Laserimpulsfrequenz 1 bis 100 kHz, vorzugsweise 10 – 50 kHz,
- 5 - Laserimpulsdauer 10 bis 1500 ns, vorzugsweise 100 bis 500 ns,
- Laserleistung 10 – 200 W, vorzugsweise 20 – 50 W,
- Energie pro Impuls 1 – 50 mJ,
- Laserart: gütegeschalteter Festkörperlaser.

10 Beim erfindungsgemäßen Laserbearbeitungsverfahren wird das Werkstück ohne Wechsel der Einspannung von der ersten und von der zweiten Laserabtragsvorrichtung nacheinander oder auch abwechselnd bearbeitet. Zu diesem Zweck kann es zwischen den beiden Arbeitsfenstern bzw. Arbeitsstellen verfahren werden, insbesondere
15 durch die Werkstückhalterung 10. In einem Bearbeitungsschritt kann beispielsweise eine Bohrung mittels Laser 15 angebracht werden. In einem zweiten Bearbeitungsschritt kann ein komplexer geformtes Gesenk mittels eines anderen Lasers 16 eingebracht werden.

20 Fig. 2 zeigt ein typisches Produkt: Ein Werkstück 1 ist mit einer Bohrung 21 zu versehen, die an einer Seite mit einer unsymmetrischen trichterförmigen Öffnung 22 versehen werden soll. Als erster Bearbeitungsschritt kann die Ausbildung der Bohrung 21 angesehen werden, die durch das ganze Werkstück 1 hindurch durch die erste Laserabtragsvorrichtung 11 vorgenommen werden kann. Im oberen Teil der
25 Fig. 2 ist dies gestrichelt angedeutet. Die trichterförmige Aufweitung 22 kann dann mit der zweiten Laserabtragsvorrichtung 12 geformt werden.

30 Zum Formen des Lochs 21 kann Laserstrahl 15 aus der ersten Abtragsvorrichtung 11 verwendet werden. Es kann hier ggf. auf Nachführung der Laserfokussierung entsprechend der fortschreitenden

Lochtiefe verzichtet werden, wobei aber insbesondere die Laserabtragsvorrichtung 11 bzw. Teile davon, insbesondere der Laserstrahlauslaß 11a, entsprechend dem Fortschritt des Eindringens des Laserstrahls in das Werkstück in z-Richtung nachgeführt werden können. Beim Laserbohren kann auch Prozeßgas zugeführt werden.

Fig. 3 zeigt eine mögliche Arbeitsweise beim Laserbohren, die entsprechend der in dieser Beschreibung gewählten Terminologie durch die erste Abtragsvorrichtung 11 vorzunehmen wäre. Aus der Auslaßöffnung 11a des Laserstrahls 15 tritt der Laserstrahl 15 aus und trifft auf das unter ihm liegende Werkstück 1. Die Laserparameter sind so gewählt, daß durch eine Mischung aus Verflüssigung und Verdampfen, evtl. Sublimation und Dampfaustreibung aufgeschmolzenen Materials der Laser sich allmählich in Tiefenrichtung des Werkstücks einbrennt. Er erzeugt dabei ein Loch des Durchmessers d_1 , der im Bereich einiger 10 oder 100 Mikrometer liegen kann und sogar bis einige wenige Millimeter erreichen kann. Wenn dieser Bohrungsdurchmesser ausreicht, ist mit dem einmaligen Einbrennen bzw. Durchbrennen des Laserstrahls durch das Werkstück der Bohrvorgang beendet.

Wenn dagegen ein Loch größeren Durchmessers geformt werden soll, beispielsweise mit Durchmesser d_2 , dann kann das Verfahren dahingehend ergänzt werden, daß das Werkstück 1 und die erste Laserbearbeitungsvorrichtung 11 so gegeneinander verfahren werden, daß mit dem Laserstrahl 15 die Außenkontur des gewünschten Lochs langsam abgefahren wird, wie dies durch die gestrichelte Linie 34 angedeutet ist. In Fig. 3 ist 31 als der Anfangspunkt der zu ziehenden Bahn anzusehen. 32 markiert den schon geschnittenen Kanal, und der Laserstrahl befindet sich gerade in der Schnittebene des Werkstücks und wandert dann weiter auf dem Lochumfang um, bis er der Bahn 34 folgend wieder am Ausgangspunkt 31 angelangt ist. Die Re-

lativverschiebung zwischen Laserabtragsvorrichtung 11 und Werkstück 1 kann durch langsame, schrittweise Einstellung der Achsen der Werkstückhalterung 10 erfolgen.

- 5 Fig. 4 zeigt das Vorgehen bei der Gesenkbildung, das in der Terminologie dieser Beschreibung mittels der zweiten Laserabtragsvorrichtung 12 vorgenommen wird. Es wird hier das Material schichtweise abgetragen, einige Schichten sind durch die Bezugsziffern 41 bis 44 angedeutet. Die Schichtdicken können einige Mikrometer bis einige 10 Mi-
- 10 krometer betragen. Eine einzelne Schicht wird abgetragen, indem die Fokusslage des Laserstrahls 16 so gesteuert bzw. geregelt wird, daß sie geeignet in bezug auf die gewünschte Schicht liegt, insbesondere in ihr liegt. Dann wird durch die variable Strahlführung 17 der Laserstrahl 16 so über die freiliegende Oberfläche geführt, daß am jeweili-
- 15 gen Auftreffpunkt das Material verdampft oder durch Dampfaustreibung verflüssigten Materials entfernt wird. Die zweite Laserabtragsvorrichtung 12 und das Werkstück 1 können hier in einer festen, unveränderten räumlichen Beziehung zueinander stehen. Es wird dann eine einzelne Schicht mit dem Laserstrahl vollständig abgefahren, z.B.
- 20 mäandernd, und dann zur nächsten Schicht gegangen, indem die Fokusslage geeignet eingestellt und ggf. auch in Abhängigkeit von der jeweils momentanen x- und y-Koordinate des Auftreffpunkts nachgeführt wird, z. B. zum Ausgleich der Kalotte der Position des Laserfokus. Dies kann teils mechanisch, z. B. durch die Werkstückhalterung
- 25 10, und/oder teils optisch durch eine schnell einstellbare und veränderliche Optik ("z-shifter") erfolgen. Auf diese Weise werden einzelne Schichten nacheinander abgetragen, so daß auf diese Weise zuletzt das gewünschte komplex geformte Gesenk hergestellt wird. Es kann hier eine ortsauflösende Tiefensensorik vorhanden sein, die den Fortschritt an den einzelnen Flächenpunkten des Gesenks bzw. die jeweils
- 30 dort herrschende Tiefe mißt, so daß nach Maßgabe der so gewonnenen Daten Steuerungen bzw. Regelungen bezugnehmend auf gespei-

cherte Gesenksdaten vorgenommen werden können. Insbesondere können hier die aus einem möglichen früheren Prozeß anhaftende Schmelzspritzer insbesondere auch von Anfang an dreidimensional erfaßt und dann im weiteren Ablauf ausgeregelt werden. Die Strahlführung 17 kann Schwenkspiegel aufweisen, die rechtwinklig zueinander
5 wirkend angeordnet sein können.

Soweit nacheinander Bohrung wie bezugnehmend auf Fig. 3 und Gesenkbildung wie bezugnehmend auf Fig. 4 beschrieben vorzunehmen
10 sind, kann es vorzuziehen sein, zunächst die Bohrung vorzunehmen und dann die Gesenkbildung, da durch die Gesenkbildung genauere Wände hergestellt werden können, die dann nicht mehr durch Anlagerungen aus dem vergleichsweise gröberen Bohrvorgang wieder verschlechtert werden.

15 Da bei der Gesenkbildung wie bezugnehmend auf Fig. 4 beschrieben die Lage des Fokuspunkts des Laserstrahls 16 in z-Richtung von Bedeutung sein kann, kann es vorgesehen sein, vor Beginn der Gesenkbildung gemäß Fig. 4 die absolute z-Lage der Werkstückoberfläche 1a
20 zu messen. Vorzugsweise geschieht dies dann auch noch, bevor der Bohrvorgang gemäß Fig. 3 stattfindet. Es ist dann eindeutig eine Oberflächenreferenz bekannt, die, da das Verfahren ja ohne Umspannen des Werkstücks erfolgen kann, dann auch über den gesamten Vorgang hinweg erhalten bleibt.

25 Allgemein kann bei mehreren unterschiedlichen Arbeitsschritten zuerst derjenige mit höherer Laserleistung oder höherer Energie pro Impuls durchgeführt werden und dann derjenige mit niedrigerer Laserleistung bzw. niedrigerer Energie pro Impuls. Dies kann z. B. gewählt
30 werden, wenn befürchtet wird, dass eine mit geringerer Laserleistung hergestellte vergleichsweise feine Oberfläche durch Spritzer eines nachher ausgeführten groberen Vorgangs wieder zerstört wird. Es

kann aber auch Anwendungen geben, bei denen die Abfolge genau andersherum ist, also zuerst der Schritt mit niedrigerer Laserleistung oder niedrigerer Energie pro Impuls und dann derjenige mit höherer Laserleistung bzw. höherer Energie pro Impuls. Auch alternierende
5 Vorgehensweisen sind denkbar. Das Bohren kann vor oder nach der Bildung eines fein definierten Gesenks erfolgen.

Die beschriebene Vorrichtung erlaubt die wohlangepaßte Laserbearbeitung unterschiedlicher Bearbeitungsteile bei der Formung eines
10 Werkstücks. Es ist auf diese Weise möglich, die Laserbearbeitungsverfahren nicht nur im Bereich des Prototyping einzusetzen, wo man ja lange Bearbeitungsdauern noch vertreten kann, sondern auch im Bereich der Serienfertigung qualitativ hochstehender Werkstücke.

Patentansprüche:

1. Laserbearbeitungsmaschine, mit
5 einer Werkstückhalterung (10) zur Halterung eines Werkstücks (1), und

einer ersten Laserabtragsvorrichtung (11) zur Bearbeitung eines Werkstücks mit ersten Arbeitsparametern,
10 gekennzeichnet durch

eine zweite Laserabtragsvorrichtung (12), die ein Werkstück mit zweiten Arbeitsparametern, die insbesondere qualitativ
15 und/oder quantitativ unterschiedlich zu den ersten Arbeitsparametern sind, bearbeiten kann.
2. Laserbearbeitungsmaschine nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die erste Laserabtragsvorrichtung eine erste Laserquelle (13) und die zweite Laserabtragsvorrichtung eine zweite Laserquelle (14) aufweist.
20
3. Laserbearbeitungsmaschine nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß mindestens eine der Laserabtragsvorrichtungen eine Strahlführung (17) aufweist, vorzugsweise mittels einem oder mehreren Umlenkspiegeln.
25
4. Laserbearbeitungsmaschine nach einem oder mehreren der vorherigen Ansprüche, gekennzeichnet durch mechanische Stellachsen (2), mittels derer das Werkstück bezüglich eines Maschinenrahmens translatorisch verstellt werden kann, wobei die Laserstrahlauslässe der beiden Laserabtragsvorrichtungen bezüglich
30

lich mindestens einer, vorzugsweise zweier Achsen, weiter vorzugsweise bezüglich der zwei horizontalen Achsen (x, y) fest gegeneinander versetzt angebracht sind.

- 5 5. Laserbearbeitungsmaschine nach einem oder mehreren der vorherigen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß der Laserstrahlauslaß einer oder beider Laserabtragsvorrichtungen bezüglich mindestens einer, vorzugsweise der vertikalen Achse (z) verschieblich ist.
- 10 6. Laserbearbeitungsmaschine nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, daß die Laserquelle parallel mit und synchron zum Laserstrahlauslaß verschieblich ist.
- 15 7. Laserbearbeitungsmaschine nach einem oder mehreren der vorherigen Ansprüche, gekennzeichnet durch eine erste Steuerung (8) zur Steuerung der ersten Laserabtragsvorrichtung und eine zweite Steuerung (9) zur Steuerung der zweiten Laserabtragsvorrichtung.
- 20 8. Laserbearbeitungsmaschine nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, daß die zweite Steuerung mit einer höheren Taktfrequenz als die erste Steuerung arbeitet.
- 25 9. Laserbearbeitungsmaschine nach Anspruch 7 oder 8, gekennzeichnet durch eine Schnittstelle (7) zwischen erster und zweiter Steuerung.
- 30 10. Laserbearbeitungsmaschine nach einem oder mehreren der vorherigen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die erste Laserabtragsvorrichtung eine erste Optik und die zweite Laserabtragsvorrichtung eine zweite Optik aufweist.

11. Laserbearbeitungsmaschine nach einem oder mehreren der vorherigen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die erste Laserabtragsvorrichtung eine erste Sensorik und die zweite Laserabtragsvorrichtung eine zweite Sensorik aufweist.
12. Laserbearbeitungsmaschine nach einem oder mehreren der vorherigen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die erste Laserabtragsvorrichtung eine Laserbohrvorrichtung ist und die zweite Laserabtragsvorrichtung eine Vorrichtung zur Gesenkbildung ist.
13. Laserbearbeitungsmaschine nach einem oder mehreren der vorherigen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die erste Laserabtragsvorrichtungen einen oder mehrere der folgenden Arbeitsparameter aufweisen kann:
- gepulstes Laserlicht, insbesondere Laserimpulsfrequenz 0,1 bis 100 Hz, vorzugsweise 1 – 30 Hz,
 - Laserimpulsdauer 0,1 bis 20 ms, vorzugsweise 0,3 bis 2 ms,
 - Pulsspitzenleistung > 1 kW, vorzugsweise > 20 kW,
 - Laserleistung 300 W - 3 kW,
 - Energie pro Impuls 1 – 100 J, vorzugsweise 10 – 50 J,
 - Laserart: Festkörperlaser, insbesondere dioden- oder lam-pengepumpt,

und daß die zweite Laserabtragsvorrichtungen einen oder mehrere der folgenden Arbeitsparameter aufweisen kann:

- 5 • gepulstes Laserlicht, insbesondere Laserimpulsfrequenz 1 bis 100 kHz, vorzugsweise 10 – 50 kHz,
- Laserimpulsdauer 10 bis 1500 ns, vorzugsweise 100 bis 500 ns,
- 10 • Laserleistung 10 – 200 W, vorzugsweise 20 – 50 W,
- Energie pro Impuls 1 – 50 mJ,
- Laserart: gütegeschalteter Festkörperlaser.

15

14. Laserbearbeitungsverfahren, bei dem ein Werkstück eingespannt und dann mittels Laserlicht bearbeitet wird,

dadurch gekennzeichnet, daß

20

ohne Wechsel der Einspannung ein erster Bearbeitungsschritt mit einer ersten Laserabtragsvorrichtung mit ersten Arbeitsparametern und ein zweiter Bearbeitungsschritt mit einer zweiten Laserabtragsvorrichtung zur Bearbeitung des Werkstücks mit
25 zweiten Arbeitsparametern, die insbesondere qualitativ und/oder quantitativ unterschiedlich zu den ersten Arbeitsparametern sind, durchgeführt wird.

30

15. Verfahren nach Anspruch 14, dadurch gekennzeichnet, daß der erste Bearbeitungsschritt das Anbringen einer Bohrung mittels Laser und der zweite Bearbeitungsschritt das Ausbilden eines Gesenks mittels Laser ist.

16. Verfahren nach Anspruch 15, dadurch gekennzeichnet, daß eine
für den zweiten Bearbeitungsschritt notwendige Abstandsmes-
5 sung vor Vornahme des ersten Bearbeitungsschritts durchge-
führt wird.
17. Verfahren nach einem oder mehreren der Ansprüche 14 bis 16,
dadurch gekennzeichnet, daß beim ersten Bearbeitungsschritt
mittels der ersten Laserabtragsvorrichtung die Fokussierung des
10 Laserstrahls fest ist, während beim zweiten Bearbeitungsschritt
mittels der zweiten Laserabtragsvorrichtung die Fokussierung
des Laserstrahls nachgeführt wird.
18. Verfahren nach einem oder mehreren der Ansprüche 14 bis 17,
15 dadurch gekennzeichnet, daß beim ersten Bearbeitungsschritt
mittels der ersten Laserabtragsvorrichtung Prozeßgas zugeführt
wird.
19. Verfahren nach einem oder mehreren der Ansprüche 14 bis 18,
20 dadurch gekennzeichnet, daß beim zweiten Bearbeitungsschritt
mittels der zweiten Laserabtragsvorrichtung die Lage des Laser-
strahls durch eine variable Strahlführung geführt wird.
20. Verfahren nach einem oder mehreren der Ansprüche 14 bis 19,
25 dadurch gekennzeichnet, daß beim ersten Bearbeitungsschritt
mittels der ersten Laserabtragsvorrichtung die relative Position
der Lage der ersten Laserabtragsvorrichtung zum Werkstück
geändert wird.
- 30 21. Verfahren nach einem oder mehreren der Ansprüche 14 bis 20,
dadurch gekennzeichnet, daß zuerst der Bearbeitungsschritt

mit höherer Laserleistung und dann der Bearbeitungsschritt mit niedrigerer Laserleistung vorgenommen wird.

1/2

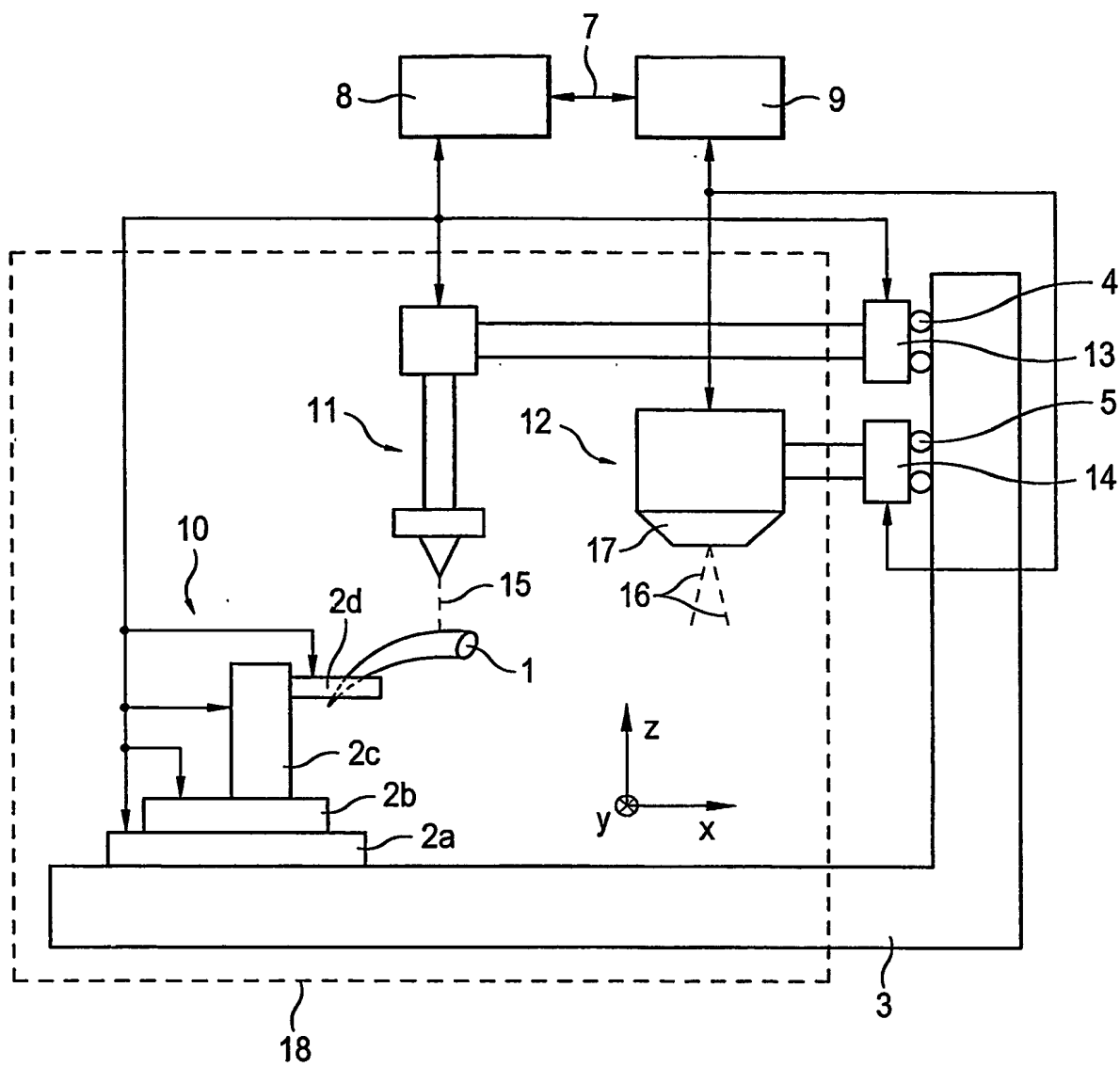


FIG. 1

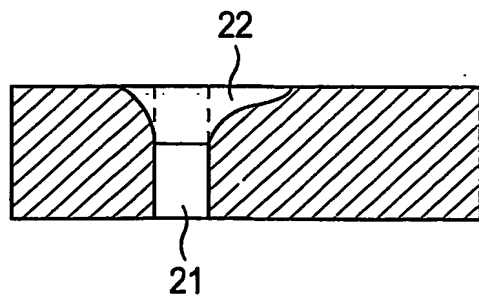


FIG. 2

2/2

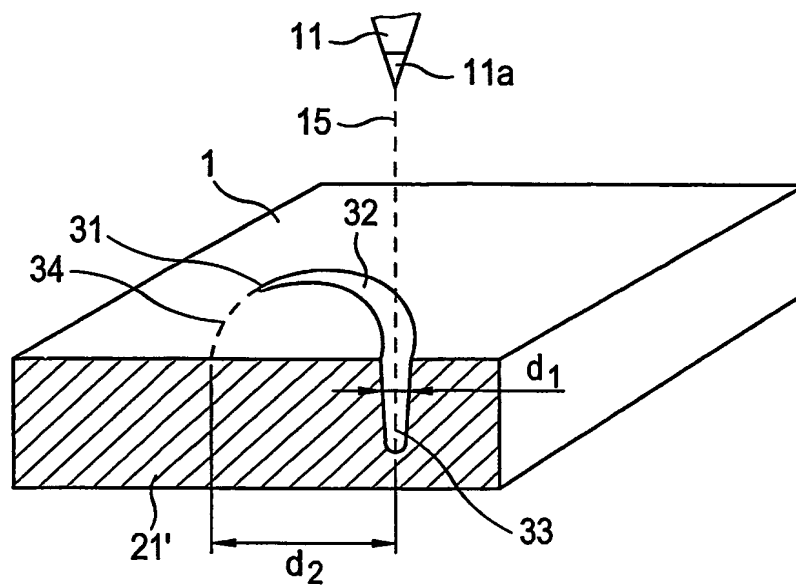


FIG. 3

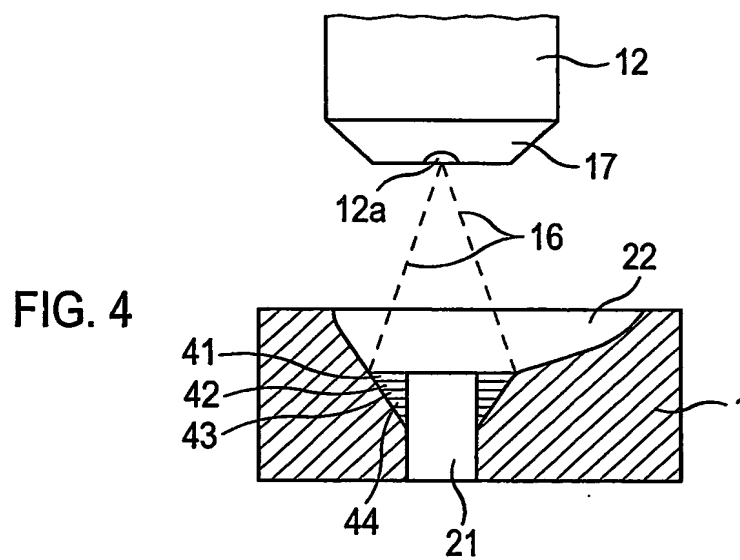


FIG. 4

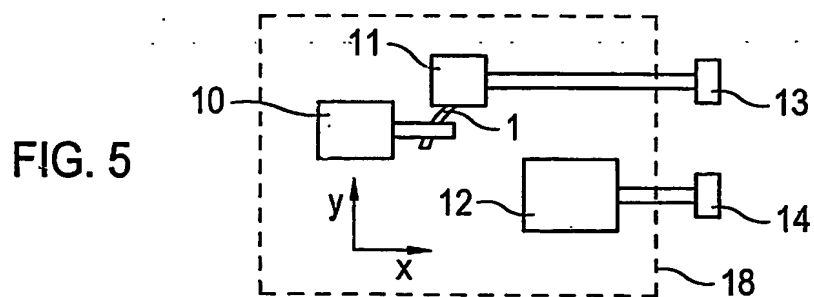


FIG. 5

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No

PCT/EP2004/012723

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
IPC 7 B23K26/06

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)
IPC 7 B23K

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)

EPO-Internal, PAJ, WPI Data

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	US 6 462 306 B1 (KITAI ANTON THEODORE ET AL) 8 October 2002 (2002-10-08)	1-4, 7, 8, 10, 12, 14, 19, 20
A	the whole document	11, 13, 15
X	US 5 073 687 A (INAGAWA ET AL) 17 December 1991 (1991-12-17)	1-4, 7-10, 12, 14, 21
A	the whole document	6, 11, 13
X	US 5 126 532 A (INAGAWA ET AL) 30 June 1992 (1992-06-30)	1-4, 7-10, 12, 14, 21
A	the whole document	6, 11, 13
	----- -/--	

☒ Further documents are listed in the continuation of box C.

☒ Patent family members are listed in annex.

* Special categories of cited documents:

A document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

E earlier document but published on or after the international filing date

L document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

O document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

P document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

T later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

X document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

Y document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.

G document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

10 March 2005

Date of mailing of the international search report

17/03/2005

Name and mailing address of the ISA

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,
Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Aran, D

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No

PCT/EP2004/012723

C.(Continuation) DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X A	US 2002/056291 A1 (SCHULTZ PETER ET AL) 16 May 2002 (2002-05-16) the whole document	1-6, 10, 12 7-9, 11-14, 16, 18-21
X A	US 5 103 073 A (DANILOV ET AL) 7 April 1992 (1992-04-07) the whole document	1-4, 6, 7, 10, 12, 14, 19 8, 11, 13
X A	US 2002/134772 A1 (TROISTSKI IGOR ET AL) 26 September 2002 (2002-09-26) the whole document	1-4, 7, 10, 12, 14, 19-21 13, 17
X A	US 5 093 548 A (SCHMIDT-HEBBEL ET AL) 3 March 1992 (1992-03-03) the whole document	1-3, 10, 12, 14, 17
A	DE 199 60 797 C1 (MTU AERO ENGINES GMBH) 13 September 2001 (2001-09-13) cited in the application the whole document	1, 2, 7, 12-15, 21
A	WO 00/18535 A (LC TEC LASER- UND COMPUTERTECHNIK GMBH; WRBA, PETER; HILDEBRAND, PETER;) 6 April 2000 (2000-04-06) cited in the application the whole document	1, 3, 4, 10, 12-15, 20

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International Application No

PCT/EP2004/012723

Patent document cited in search report		Publication date	Patent family member(s)		Publication date
US 6462306	B1	08-10-2002	AU	4280900 A	10-11-2000
			WO	0064623 A1	02-11-2000
			CA	2370832 A1	02-11-2000
			EP	1173303 A1	23-01-2002
			JP	2002542043 T	10-12-2002
US 5073687	A	17-12-1991	JP	4041091 A	12-02-1992
			JP	3027885 A	06-02-1991
			JP	3142087 A	17-06-1991
US 5126532	A	30-06-1992	JP	2060192 C	10-06-1996
			JP	2182390 A	17-07-1990
			JP	7093499 B	09-10-1995
			JP	3142088 A	17-06-1991
			JP	3142089 A	17-06-1991
			JP	3142090 A	17-06-1991
			US	5166493 A	24-11-1992
US 2002056291	A1	16-05-2002	US	2004045323 A1	11-03-2004
			AU	4724001 A	12-09-2001
			WO	0164591 A1	07-09-2001
			US	2003196994 A1	23-10-2003
			US	2002053559 A1	09-05-2002
			US	2002050153 A1	02-05-2002
			US	2002096501 A1	25-07-2002
			US	2002050488 A1	02-05-2002
US 5103073	A	07-04-1992	WO	8901841 A1	09-03-1989
			EP	0329787 A1	30-08-1989
			JP	3500620 T	14-02-1991
US 2002134772	A1	26-09-2002	US	6399914 B1	04-06-2002
US 5093548	A	03-03-1992	DE	3934587 A1	18-04-1991
			GB	2236973 A ,B	24-04-1991
			JP	3133588 A	06-06-1991
DE 19960797	C1	13-09-2001	AT	288808 T	15-02-2005
			WO	0143912 A1	21-06-2001
			EP	1246711 A1	09-10-2002
			JP	2003516864 T	20-05-2003
			US	2003127438 A1	10-07-2003
WO 0018535	A	06-04-2000	WO	0018535 A1	06-04-2000
			DE	59810296 D1	08-01-2004
			EP	1117503 A1	25-07-2001
			JP	2003517375 T	27-05-2003
			US	6670575 B1	30-12-2003

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES
IPK 7 B23K26/06

Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPK) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPK

B. RECHERCHIERTE GEBIETERecherchierte Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)
IPK 7 B23K

Recherchierte aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen

Während der Internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)

EPO-Internal, PAJ, WPI Data

C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	US 6 462 306 B1 (KITAI ANTON THEODORE ET AL) 8. Oktober 2002 (2002-10-08)	1-4, 7, 8, 10, 12, 14, 19, 20
A	das ganze Dokument	11, 13, 15
X	US 5 073 687 A (INAGAWA ET AL) 17. Dezember 1991 (1991-12-17)	1-4, 7-10, 12, 14, 21
A	das ganze Dokument	6, 11, 13
X	US 5 126 532 A (INAGAWA ET AL) 30. Juni 1992 (1992-06-30)	1-4, 7-10, 12, 14, 21
A	das ganze Dokument	6, 11, 13
	-/-	

☒ Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen☒ Siehe Anhang Patentfamilie

* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :

A Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist

E älteres Dokument, das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist

L Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)

O Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht

P Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist

T Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist

X Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderscher Tätigkeit beruhend betrachtet werden

Y Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderscher Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren anderen Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist

& Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des Abschlusses der Internationalen Recherche

10. März 2005

Absenddatum des Internationalen Recherchenberichts

17/03/2005

Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde
Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,
Fax: (+31-70) 340-3016

Bevollmächtigter Bediensteter

Aran, D

C.(Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X A	US 2002/056291 A1 (SCHULTZ PETER ET AL) 16. Mai 2002 (2002-05-16) das ganze Dokument	1-6,10, 12 7-9, 11-14, 16,18-21
X A	US 5 103 073 A (DANILOV ET AL) 7. April 1992 (1992-04-07) das ganze Dokument	1-4,6,7, 10,12, 14,19 8,11,13
X A	US 2002/134772 A1 (TROISTSKI IGOR ET AL) 26. September 2002 (2002-09-26) das ganze Dokument	1-4,7, 10,12, 14,19-21 13,17
X A	US 5 093 548 A (SCHMIDT-HEBBEL ET AL) 3. März 1992 (1992-03-03) das ganze Dokument	1-3,10, 12,14,17
A	DE 199 60 797 C1 (MTU AERO ENGINES GMBH) 13. September 2001 (2001-09-13) in der Anmeldung erwähnt das ganze Dokument	1,2,7, 12-15,21
A	WO 00/18535 A (LC TEC LASER- UND COMPUTERTECHNIK GMBH; WRBA, PETER; HILDEBRAND, PETER;) 6. April 2000 (2000-04-06) in der Anmeldung erwähnt das ganze Dokument	1,3,4, 10, 12-15,20

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT I

Angaben zu Veröffentlichung

, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2004/012723

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument		Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie		Datum der Veröffentlichung
US 6462306	B1	08-10-2002	AU	4280900 A	10-11-2000
			WO	0064623 A1	02-11-2000
			CA	2370832 A1	02-11-2000
			EP	1173303 A1	23-01-2002
			JP	2002542043 T	10-12-2002
US 5073687	A	17-12-1991	JP	4041091 A	12-02-1992
			JP	3027885 A	06-02-1991
			JP	3142087 A	17-06-1991
US 5126532	A	30-06-1992	JP	2060192 C	10-06-1996
			JP	2182390 A	17-07-1990
			JP	7093499 B	09-10-1995
			JP	3142088 A	17-06-1991
			JP	3142089 A	17-06-1991
			JP	3142090 A	17-06-1991
			US	5166493 A	24-11-1992
US 2002056291	A1	16-05-2002	US	2004045323 A1	11-03-2004
			AU	4724001 A	12-09-2001
			WO	0164591 A1	07-09-2001
			US	2003196994 A1	23-10-2003
			US	2002053559 A1	09-05-2002
			US	2002050153 A1	02-05-2002
			US	2002096501 A1	25-07-2002
			US	2002050488 A1	02-05-2002
US 5103073	A	07-04-1992	WO	8901841 A1	09-03-1989
			EP	0329787 A1	30-08-1989
			JP	3500620 T	14-02-1991
US 2002134772	A1	26-09-2002	US	6399914 B1	04-06-2002
US 5093548	A	03-03-1992	DE	3934587 A1	18-04-1991
			GB	2236973 A ,B	24-04-1991
			JP	3133588 A	06-06-1991
DE 19960797	C1	13-09-2001	AT	288808 T	15-02-2005
			WO	0143912 A1	21-06-2001
			EP	1246711 A1	09-10-2002
			JP	2003516864 T	20-05-2003
			US	2003127438 A1	10-07-2003
WO 0018535	A	06-04-2000	WO	0018535 A1	06-04-2000
			DE	59810296 D1	08-01-2004
			EP	1117503 A1	25-07-2001
			JP	2003517375 T	27-05-2003
			US	6670575 B1	30-12-2003